

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-83525

(43)公開日 平成9年(1997)3月28日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 4 L 12/28

H 0 4 Q 3/00

識別記号

庁内整理番号

9466-5K

F I

H 0 4 L 11/20

H 0 4 Q 3/00

技術表示箇所

G

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 21 頁)

(21)出願番号

特願平7-232480

(22)出願日

平成7年(1995)9月11日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 霜越 潔

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 真崎 文聡

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

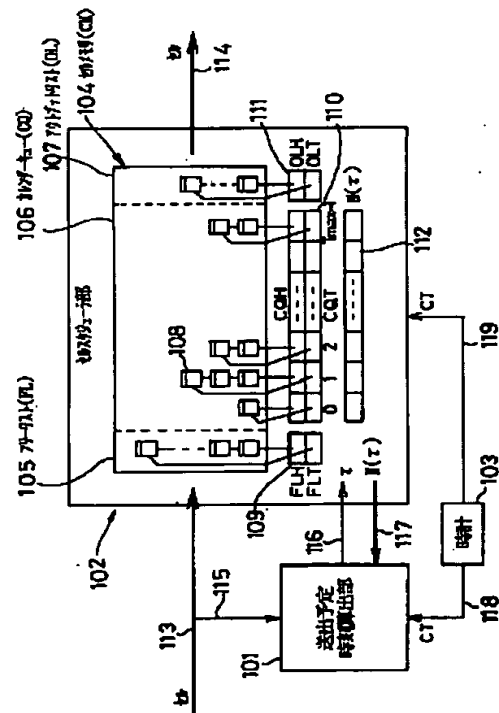
(74)代理人 弁理士 工藤 宣幸

(54)【発明の名称】 セル出力帯域規制装置

(57)【要約】

【課題】 異なるコネクションのセルの送出予定時刻が同一になった前後においても、セル送出間隔の規定を満たし、かつCDVを押さえる。

【解決手段】 セル到着毎に当該セルの送出予定時刻を、セル出力帯域を規定するパラメータに基づいて算出する送出予定時刻手段と、算出された送出予定時刻単位に全コネクションのセルをキューイングし、セル送出予定時刻に達した時点で、当該時刻にキューイングされているセルを1セルずつ送出していくセル送出手段とを備えている。さらに、送出予定時刻単位のセルのキューイング過程において、キューイングされているセル数の計数を送出予定時刻毎に行ない、送出予定時刻算出手段へ計数した送出予定時刻単位のセル数を与える送出予定時刻セル数計数手段と、送出予定時刻毎のセル数に基づいて、到着セルの送出予定時刻の算出に用いる変数を補正する変数補正手段とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セルの出力帯域を、セル送出間隔の規定を用いて規制するセル出力帯域規制装置において、セル到着毎に当該セルの送出予定時刻を、セル出力帯域を規定するパラメータに基づいて算出する送出予定時刻手段と、

算出された送出予定時刻単位に全コネクションのセルをキューイングし、セル送出予定時刻に達した時点で、当該時刻にキューイングされているセルを 1 セルずつ送出していくセル送出手段と、

送出予定時刻単位のセルのキューイング過程において、キューイングされているセル数の計数を送出予定時刻毎に行ない、送出予定時刻算出手段へ計数した送出予定時刻単位のセル数を与える送出予定時刻セル数計数手段と、

送出予定時刻毎のセル数に基づいて、到着セルの送出予定時刻の算出に用いる変数を補正する変数補正手段とを具備したことを特徴とするセル出力帯域規制装置。

【請求項 2】 セルの出力帯域を、セル送出間隔の規定を用いて規制するセル出力帯域規制装置において、セル到着毎に当該セルの送出予定時刻を、セル出力帯域を規定するパラメータに基づいて算出する送出予定時刻手段と、

算出された送出予定時刻単位に全コネクションのセルをキューイングし、セル送出予定時刻に達した時点で、当該時刻にキューイングされているセルを 1 セルずつ送出していくセル送出手段と、

規制対象の全コネクションについて、キューイング中のセルをコネクション単位に計数すると共に、そのコネクションの最新のセル送出時刻を記録、保持するコネクション情報管理手段と、

セル送出時に、送出セルが属するコネクション番号を検出し、そのコネクションについてのキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻の更新処理を行なうコネクション情報更新手段と、

コネクション毎のキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻情報に基づいて、到着セルの送出予定時刻とその算出に用いる変数の補正の必要性を判定して、補正が必要となるときに補正する補正手段とを具備したことを特徴とするセル出力帯域規制装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、非同期転送モード型の通信網において、各交換／伝送装置からのセル送出速度が申告値通りになるよう制御するセル出力帯域規制装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、情報通信の分野においては、通信ニーズの多様化、情報交換／伝送技術の高度化、デバイス技術の発展等に伴い、ユーザ情報を高速、広帯域で交

換、伝送可能な高速広帯域サービス統合デジタル網（以下、B-I SDN）の実用化が急速に進められている。

【0003】 この B-I SDN においては、情報転送方式として非同期転送モード（以下、ATM と呼ぶ）が採用されている。この ATM 通信においては、情報はセルと呼ばれる固定長のパケットで転送、交換される。この場合、セルの転送先は各セル毎に付与される相手先アドレス情報に基づいて識別される。従って、従来の時分割方式の回線交換とは異なり、各端末は空いている時間軸上のスロットの任意位置にセルを送出することができ、網内でも伝送路上の任意位置へのセル多重が可能となる。

【0004】 このため、ATM 通信では、予め使用するセル通信帯域（例えば、ピークセルレートや平均セルレート）を各端末に通信開始前に申告させ、網側では、その申告情報に基づいて帯域管理が行なわれる。この網内帯域管理機能の 1 つにセル出力帯域規制機能（以下、シェイパーと呼ぶ）がある。シェイパー機能は、網内での多重、交換処理の際、同時刻に同一方路へと向かう複数のセルが到着した場合に、出力待ち合わせによって発生するセル遅延ゆらぎ（以下、CDV と略する）を吸収し、ユーザ申告値に従ってセルを出力回線へと送出させる機能である。

【0005】 従来、シェイパー機能の実現方式としていくつか提案されている。そのうちの 1 つとして、スペーシングポリサー（Spacing Policer）方式がある。この方式は、到着セル毎に申告値を満足する送出予定時刻を算出し、その送出予定時刻毎にキューイングされたセルを順次 1 セルずつ読み出して送出していくことにより、網内で発生する CDV の軽減やユーザ申告値を満足するセル送出の実現を図っている。

【0006】 図 2 は、このようなシェイパー機能を実現するシェイパー装置の基本構成を示すブロック図である。

【0007】 図 2 において、シェイパー装置 201 は、到着セル毎に送出予定時刻 τ を算出する送出予定時刻算出部 202 と、到着セルを一旦格納し送出予定時刻 τ に従ってセル送出のスケジューリングを行なうセルスケジューラ部 203 と、送出予定時刻算出部 202 及びセルスケジューラ部 203 へ現在時刻情報 CT を与える時計 204 とから構成されている。ここで、送出予定時刻算出部 202 は、通信中の全コネクションについてユーザ申告値情報や後述する各種パラメータを保持している。また、時計 204 は 1 セル時間に 1 ずつ現在時刻 CT をインクリメントするものである。

【0008】 セル 205 がシェイパー装置 201 に到着すると、送出予定時刻算出部 202 は、そのセルが属するコネクションの情報から、当該セルをセルスケジューラ部 203 内でどれほど遅延されれば申告値を満足するかを規定する所要遅延時間を求め、それを元に送出予定

3

時刻 t を算出し、セルスケジューラ部203へ提供する。セルスケジューラ部203では、受け取った送出予定時刻 t に基づき、セルを送出予定時刻毎にキューイングされたセルバッファ部の最後尾に格納し、時計204からの現在時刻情報CTの経過に従って、その現在時刻CTに対応したセル206を送出していく。

【0009】図3は、従来の送出予定時刻算出部202による処理を示すフローチャートである。なお、図3における「:=」は、その左側のパラメータの値や状態値を、右側の値や状態値に設定することを意味しており、後述する他のフローチャートでも同様である。

【0010】図3に示す処理方法は、到着セルが出力されるまでの時間を、漏れ孔を有するバケツに今回流入した液体（単位）が漏れ孔から流出するまでの時間と対応させている手法であるので、一般にリーキーバケツと呼ばれており、同一コネクション内の連続するセルの最小送出間隔を満足するように送出予定時刻 t を決定することで、セル流のピークレートを規制するものである。

【0011】このリーキーバケツ手法に使用されるパラメータ及び変数としては、リーキーバケツ容量C、リーキーバケツ内蓄積量カウンタ値S、リークレートL、1セル分に対応したカウンタ増加幅F、セル所要遅延時間D、及び、前セル到着時刻LATである。これらのパラメータは通信中の各コネクション毎に送出予定時刻算出部202に格納されており、セル到着時に、そのセルに係るコネクションのパラメータが読み出されて使用、更新、再格納される。また、上記パラメータにより、ピークセルレートは L/F に制限されることになる。なお、各ステップでの処理の意味合いは、後述する実施形態での説明を参照されたい。

【0012】当該シェイパ装置201が起動されると、セル到着の有無が監視され（ステップ301）、到着が確認されると以降の処理が行なわれる。まず、現在時刻CTと前セル到着時刻LATとの時刻差 Δt が算出された後（ステップ303）、前セル到着時刻LATを現在時刻CTに更新する（ステップ304）。続いて、蓄積量カウンタ値Sと、 Δt 時間分のカウンタ減算量 $\Delta t \cdot L$ とが比較される（ステップ305）。

【0013】 $S \leq \Delta t \cdot L$ の場合には、所要遅延時間D及び蓄積量カウンタ値Sは共に0にセットされる（ステップ306及び307）。一方、 $S > \Delta t \cdot L$ の場合は、カウンタ値Sは、 Δt 時間分のカウンタ減算量 $\Delta t \cdot L$ だけ減少され（ステップ308）、続いて、蓄積量カウンタ値Sは、バケツ容量Cとカウンタ増加幅Fとの差分 $C - F$ と比較される（ステップ309）。

【0014】 $S > C - F$ の場合（ $S + F > C$ の場合）には、到着セルは廃棄処理され、送出予定時刻算出部202からセルスケジューラ部203へ与えられる送出予定時刻 t を無効情報にする（ステップ310）。これに対して、 $S \leq C - F$ の場合には、所要遅延時間Dは商S

4

$/L$ の整数値として算出され（バケツ内の最も上の流体部分が漏れ孔から出るまでに要するの時間として算出され）、カウンタ値Sは増加幅Fだけインクリメントされる（ステップ311、312）。最後に、廃棄処分以外のセルについて、送出予定時刻 t を、現在時刻CT及び所要遅延時間Dの和（ $CT + D$ ）に対する時計周期 T_{max} でのモジュロ値として算出し、セルスケジューラ部203へ引き渡す（ステップ313）。

【0015】図4は、このようにして算出された今回の到着セルについての送出予定時刻 t が与えられる、従来のセルスケジューラ部203（図4においては401を付与している）の構成を示すブロック図である。

【0016】セルスケジューラ部401は、到着セルを格納するセルメモリ（CM）402と、セルメモリ402のアドレス情報を司るポインタ群407～409とで構成される。セルメモリ402は、1セル単位のエレメント406の一群で構成されている。

【0017】図5はエレメントの1つを拡大したものであり、1セル分の情報を格納するセル格納フィールド（CBF）502と、同一送出予定時刻に係る他のエレメントを指し示すアドレスポインタ（APtr）501からなる。このAPtrポインタを用いることで、エレメントは他のエレメントと数珠つなぎに連結できる。

【0018】セルメモリ402はまた、未使用エレメントを管理するフリーリスト（FL）403と、待ち合わせ中のセルが送出予定時刻毎に連結されて格納されているカレンダーキュー（CQ）404と、出力待ち状態にあるセルを管理するアウトプットリスト（OL）405とに論理的に分割されている。

【0019】フリーリスト403は、セルメモリ402内の全ての未使用エレメントを連結しており、その先頭エレメント及び最終エレメントのアドレスは、フリーリスト用ポインタ407のフリーリストヘッダポインタ（以下、FLHポインタと呼ぶ）とフリーリストテイルポインタ（以下、FLTポインタと呼ぶ）によりそれぞれ格納されている。

【0020】カレンダーキュー404は、時計周期 T_{max} 分の送出予定時刻毎に到着セルを連結させて格納しており、それぞれの連結セル群はフリーリスト403と同様に、カレンダーキュー用ポインタ群408のカレンダーキューヘッダ（以下、CQHポインタと呼ぶ）とカレンダーキューテイル（以下、CQTポインタと呼ぶ）により、先頭エレメントと最終エレメントが示されている。送出予定時刻に1つもセルが連結されていなければ、そのCQHポインタ及びCQTポインタは何も示さず無効情報となっている。

【0021】アウトプットリスト405には、現在時刻CTが送出予定時刻と一致したセル群が移動してきて格納されており、アウトプットリスト用ポインタ409のアウトプットリストヘッダ（以下、OLHポインタと呼

5

ぶ)とアウトプットリストテイル(以下、OLTポイントと呼ぶ)とにより先頭エレメント及び最終エレメントが指し示されている。アウトプットリスト405に蓄積されたセルは、先頭セルから順次1セル時間に1セルずつ出力回線412に送出されていく。セルが送出された後の空きエレメントは再びフリーリスト403の最後尾に連結されて、以降の到着セルの格納に使用されていく。

【0022】ここで、セルメモリ402は、論理的にフリーリスト403、カレンダーキュー404及びアウトプットリスト405に分割されているが、物理的には1つの共有型のメモリで実現されており、フリーリスト403からカレンダーキュー404へ、さらにアウトプットリスト405へのセルの移動は全てポイント処理によって行なわれ、各エレメント内のセル情報自体が移動するものではない。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来は、到着セル毎にユーザ申告値を満足するような送出予定時刻を前セル到着時刻に基づいて算出し、その送出予定時刻単位に到着セルをセルスケジューラ部203(401)内に一旦格納し、時計204が送出予定時刻になった時点で、その時刻列に格納されているセル群を送出待ちキュー(アウトプットリスト)に移動し、先頭セルから順次送出することで、セル出力帯域規制を実現していた。

【0024】しかしながら、このような従来の構成では、ATM通信においてはユーザ申告値、すなわち最小セル間隔の異なる複数のコネクションを規制対象とする必要があるため、送出予定時刻が同一となる可能性がある。このような場合、セルスケジューラ部内の送出予定時刻単位のカレンダーキューに複数のセルが連結され、結果として、CDVを生じてユーザ申告値を満足しないことも生じる。

【0025】図6を用いて、この問題について具体的に説明する。図6は従来のシェイパー装置における、セル到着例601、送出予定時刻算出部内リーキーバケット蓄積量カウンタ値Sの遷移602、カレンダーキュー内のセル待ち合わせ状況603、シェイパー装置からのセル送出過程604、及び送出セル間隔605の一例を示すタイムチャートである。図中、 A_i ($i=1\sim 8$)、 B_j ($j=1\sim 6$)、 C_k ($k=1\sim 7$)はセルを表わしており、3種類のコネクションA~Cが1つの回線上に多重されてシェイパー装置で各々帯域規制される様子を示している。ここで、コネクションAのユーザ申告値は $C=15$ 、 $F=7$ 、 $L=2$ と仮定され、同様にコネクションBは $C=15$ 、 $F=5$ 、 $L=1$ 、コネクションCは $C=15$ 、 $F=4$ 、 $L=1$ とする。また、時計の周期 T_{max} は9を仮定している。

【0026】タイムチャート601に示すように、各コ

6

ネクションのセルはシェイパー装置に到着する前にCDVを受けており、最小セル間隔の規定が満足されていない。タイムチャート602に示すリーキーバケット蓄積量カウンタ値Sに従って、各到着セルは送出予定時刻が算出され、タイムチャート603のようにカレンダーキュー内に送出予定時刻毎に蓄積されていく。異なるコネクションに属するセルB4、A5及びC5は、前セル到着時刻より算出した送出予定時刻が一致しているために、カレンダーキュー内で同時刻列に連結されてキューイングされる。同様に、セルA4とC4、セルB6とA8についても送出予定時刻が重なっている。この結果、シェイパー装置からの実際の出力過程はタイムチャート604が示すように、セルC4、A5、C5及びA8が予定送出時刻より遅れて送出されることになる。

【0027】しかし、同一コネクションの次の到着セルに対する送出予定時刻の算出には、このような予定より遅れた実際のセル送出時刻は考慮されない。タイムチャート605は、コネクションA~Cの実際のセル送出間隔を示している。上述した複数コネクション間でのセル送出予定時刻の重なるのために(予定より遅れたセル送出のために)、各コネクションの最小セル間隔の規定(ユーザ申告値)は達成できていない。例えば、コネクションA(最小セル間隔3、5セル)のセルA5とA6の間、コネクションC(最小セル間隔4セル)のセルC5とC6の間等である。

【0028】従って、ユーザ申告値をより一段と満足させることができるセル出力帯域規制装置が求められている。

【0029】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため、第1の本発明においては、セルの出力帯域を、セル送出間隔の規定を用いて規制するセル出力帯域規制装置において、以下の手段を具備することを特徴とする。

【0030】すなわち、(1)セル到着毎に当該セルの送出予定時刻を、セル出力帯域を規定するパラメータに基づいて算出する送出予定時刻手段と、(2)算出された送出予定時刻単位に全コネクションのセルをキューイングし、セル送出予定時刻に達した時点で、当該時刻にキューイングされているセルを1セルずつ送出していくセル送出手段と、(3)送出予定時刻単位のセルのキューイング過程において、キューイングされているセル数の計数を送出予定時刻毎に行ない、送出予定時刻算出手段へ計数した送出予定時刻単位のセル数を与える送出予定時刻セル数計数手段と、(4)送出予定時刻毎のセル数に基づいて、到着セルの送出予定時刻の算出に用いる変数を補正する変数補正手段とを具備したことを特徴とする。

【0031】この第1の本発明においては、異なるコネクションのセルの送出予定時刻が重なって、送出予定時刻通りにセル送出が実行されないコネクションがあっても、実際のセル時刻と送出予定時刻との差をそれ以降の

送出予定時刻の算出に反映させるように、送出予定時刻単位のセル数を用いて、到着セルの送出予定時刻算出に用いる変数を補正することとしたので、セル送出間隔の規定を満たすと共に、CDVを押さえることができるようになる。

【0032】また、上記課題を解決するため、第2の本発明においては、セルの出力帯域を、セル送出間隔の規定を用いて規制するセル出力帯域規制装置において、以下の手段を具備することを特徴とする。

【0033】すなわち、(1)セル到着毎に当該セルの送出予定時刻を、セル出力帯域を規定するパラメータに基づいて算出する送出予定時刻手段と、(2)算出された送出予定時刻単位に全コネクションのセルをキューイングし、セル送出予定時刻に達した時点で、当該時刻にキューイングされているセルを1セルずつ送出していくセル送出手段と、(3)規制対象の全コネクションについて、キューイング中のセルをコネクション単位に計数すると共に、そのコネクションの最新のセル送出時刻を記録、保持するコネクション情報管理手段と、(4)セル送出時に、送出セルが属するコネクション番号を検出し、そのコネクションについてのキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻の更新処理を行なうコネクション情報更新手段と、(5)コネクション毎のキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻情報に基づいて、到着セルの送出予定時刻とその算出に用いる変数の補正の必要性を判定して、補正が必要なときに補正する補正手段とを具備したことを特徴とする。

【0034】この第2の本発明においては、異なるコネクションのセルの送出予定時刻が重なって、送出予定時刻通りにセル送出が実行されないコネクションがあっても、実際のセル時刻と送出予定時刻との差を、それ以降の送出予定時刻の算出等に反映させるように、コネクション毎のキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻情報とを用いて、到着セルの送出予定時刻とその算出に用いる変数の補正の必要性を判定して、補正が必要なときに補正することとしたので、セル送出間隔の規定をほぼ満たすと共に、CDVを押さえることができるようになる。

【0035】

【発明の実施の形態】

(A) 第1の実施形態

以下、本発明によるセル出力帯域規制装置の第1の実施形態を図面を参照しながら詳述する。

【0036】(A-1) 第1の実施形態の構成

図1は、第1の実施形態のセル出力帯域規制装置の構成を示すブロック図である。

【0037】このセル出力帯域規制装置も、大きくは、送出予定時刻算出部101、セルスケジューラ部102、及び、時計103によって構成されている。

【0038】この実施形態の送出予定時刻算出部101

も、通信中で出力帯域規制の対象である全コネクションについて、各種帯域規制パラメータや変数を保有しており、到着セル毎に送出予定時刻 τ を算出してセルスケジューラ部102へ提供するものである。

【0039】しかし、これらのパラメータ及び変数、並びに、時計103からの現在時刻情報CTだけでなく、セルスケジューラ部102から与えられる送出予定時刻毎の待ち合わせセル数 $N(\tau)$ も、到着セル毎の送出予定時刻 τ の算出に用いる点が従来とは異なっている。

【0040】この実施形態のセルスケジューラ部102は、到着セルを一旦格納し、送出予定時刻算出部101からの送出予定時刻 τ を元にセル送出のスケジューリングを行なう点は従来と同様であるが、送出予定時刻 τ 毎に送出の待ち合わせ中のセルを計数し、その計数値 $N(\tau)$ を送出予定時刻算出部101へフィードバックする点が従来とは異なっている。

【0041】すなわち、この実施形態のセルスケジューラ部102は、到着セルを格納するセルメモリ(CM)104、及び、このセルメモリ104のアドレス情報を司るポインタ群109~111を備えるだけでなく、待ち合わせ中のセルを計数するセル計数カウンタ112を備えている。

【0042】なお、セルメモリ104が、1セル単位の既述した図5に示すエレメント108の一群で構成されていると共に、未使用エレメントを管理するフリーリスト(FL)105と、待ち合わせ中のセルが送出予定時刻毎に連結されて格納されているカレンダーキュー(CQ)106と、出力待ち状態にあるセルを管理するアウトプットリスト(OL)107に論理的に分割されている点は、従来と同様である。また、フリーリスト105の先頭エレメント及び最終エレメントのアドレスを規定するFLHポインタ及びFLTポインタ109、カレンダーキュー106の各送出時刻の先頭エレメント及び最終エレメントのアドレスを規定するCQHポインタ及びCQTポインタ110、並びに、アウトプットリスト107の先頭エレメント及び最終エレメントのアドレスを規定するOLHポインタ及びOLTポインタ111が、セルスケジューラ部102に格納されている点も、従来と同様である。

【0043】この第1の実施形態で新たに設けられたセル計数カウンタ112は、カレンダーキュー106内で待ち合わせ中のセル数 $N(\tau)$ を送出予定時刻単位に計数するものであり、待ち合わせ中のセル数 $N(\tau)$ を、送出予定時刻算出部101に与えるものである。

【0044】時計103は、例えば従来と同様に、1セル時間毎にインクリメントされるアップカウンタであり、そのカウンタ出力が現在時刻情報CTとして、送出予定時刻算出部101及びセルスケジューラ部102へ提供される。時計103の最大値は $T_{max}-1$ であり、最大値 $T_{max}-1$ までカウントアップされた後は

0に戻り、再び1ずつインクリメントされていくものである。従って、時計103の周期は T_{max} である。

【0045】図7は、概念的には図1に示す構成を有するセルスケジューラ部102(701)について、より具体的なレベルで構成を示したブロック図である。

【0046】図7において、セルスケジューラ部701は、セルメモリ(CM)702、送出時刻パラメータメモリ(MEM)703、2個のレジスタ(REG)704及び705、2個の選択回路(SEL)706及び707、加算回路(ADD)732、並びに、制御回路708から構成されている。また、このセルスケジューラ部701は、外部とのインタフェース(信号線等)部として、セル入力部709、セル出力部710、送出予定時刻算出部101からの送出予定時刻(τ)入力部711、送出予定時刻算出部101への待ち合わせセル数情報($N(\tau)$)出力部733、及び、時計103からの現在時刻情報(CT)入力部712を有している。

【0047】セルメモリ702は、図5にも示したように、連結先アドレスを示すアドレスポインタ(APtr)及び到着セルを格納するセル格納フィールド(CBF)を1エレメントとするメモリであり、図1におけるフリーリスト105、カレンダーキュー106、及び、アウトプットリスト107を実現するものである。このセルメモリ702の読み出し、書き込みは、制御線730を介して制御回路708により制御される。

【0048】メモリ703は、カレンダーキュー内に送出予定時刻単位に連結して蓄積されているセルエレメントについて、先頭エレメントアドレスを示すCQHポインタ、最終エレメントを示すCQTポインタ、及び、送出予定時刻毎の蓄積セル数 $N(\tau)$ を、時計周期分($0 \sim T_{max}-1$)格納しているものである。メモリ703の読み出し、書き込みも、制御線731を介して制御回路708により制御される。

【0049】レジスタ704は、フリーリストに連結されているセルメモリ702内の未使用エレメントの先頭エレメントアドレスを示すFLHポインタと、最終エレメントアドレスを示すFLTポインタを保持している。レジスタ705は、アウトプットリストに連結されているセルメモリ702内の出力待ちセルエレメントの先頭エレメントアドレスを示すOLHポインタと、最終エレメントアドレスを示すOLTポインタを保持しているものである。これらレジスタ704及び705への書き込みは、制御線735を介して制御回路708により制御される。また、少なくともレジスタ704は、新旧(最新及びその直前)のポインタを保持し得るようになされている。

【0050】選択回路706及び707はそれぞれ、対応するセルメモリ702、メモリ703の読み出し、書き込みを行なう際のアドレス情報717、719の選択を行なうものであり、両者の選択動作は制御線718、

720を介して制御回路708により制御される。セルメモリ702へのアドレス情報としては、レジスタ704、705やメモリ03から出力されたFLHポインタあるいはFLTポインタ(713)、CQHポインタあるいはCQTポインタ(714)、又は、OLHポインタあるいはOLTポインタ(715)のいずれかが選択される。メモリ703へのアドレス情報としては、送出予定時刻算出部101からの送出予定時刻 τ (711)、あるいは時計103からの現在時刻情報CT(712)のいずれかが選択される。

【0051】加算回路732は、メモリ703内に保持されている送出予定時刻毎の待ち合わせ中セル数 $N(\tau)$ の更新処理を行なうものである。加算回路732は、到着セルの送出予定時刻 τ を送出予定時刻算出部101から受信すると、当該時刻のセル数 $N(\tau)$ を送出予定時刻算出部101へフィードバック(信号線733)した後、1インクリメントする。加算回路732の動作もまた、制御線736を介して制御回路708によって制御される。

【0052】制御回路708は、セルスケジューラ部701全体の制御を司っており、セルメモリ702及びメモリ703の書き込み、読み出し、レジスタ704及び705のラッチタイミング、選択回路706及び707の選択処理動作、加算回路732の加算処理動作等を制御する。

【0053】(A-2)第1の実施形態の動作

以下、この第1実施形態のシェイパー装置の動作を、送出予定時刻算出部101及びセルスケジューラ部102の動作の順に詳細に説明する。

【0054】ここで、時計103は、帯域規制対象のセル到着の有無にかかわらず、常に1セル時間に1ずつ時刻をインクリメントし、送出予定時刻算出部101及びセルスケジューラ部102に現在時刻情報CTを供給しているとする。また、送出予定時刻算出部101内には、監視対象の全コネクションについてのパラメータや変数が一括して格納され、監視対象セルの到着毎に、該当するコネクションのパラメータ及び変数を内部の記憶部から取出して送出予定時刻の算出処理を行ない、かつ処理終了後には更新された変数を再び格納場所へ格納するものとする。

【0055】(A-2-1)送出予定時刻算出部101の動作

図7は、この第1の実施形態の送出予定時刻算出部101の処理を示すフローチャートであり、上述した従来装置に係る図3との同一処理ステップには同一符号を付して示している。この実施形態の送出予定時刻算出部101の処理も、一般にリーキーバケットと呼ばれる手法を踏襲したものであり、同一コネクション内の連続するセルの最小送出間隔を満足するように送出予定時刻 τ を決定することで、ピークセルレートを規制するものであ

る。

【0056】なお、この第1の実施形態の送出予定時刻算出部101は、パラメータ及び変数としては、従来と同様な、リーキーバケット容量C、リーキーバケット内蓄積量カウンタ値S、リークレートL、カウンタ増加幅F、セル所要遅延時間D、前セル到着時刻LAT及び時計周期Tmaxを用いるだけでなく、送出予定時刻 τ における待ち合わせ中セル数N(τ)をも利用して、監視対象コネクションをピークセルレートL/Fに制限するような処理を行なう。

【0057】この実施形態の送出予定時刻算出部101も、当該シェイパ装置が起動されるとセル到着の有無を監視し、セルの到着が確認されると、現在時刻CTと前セル到着時刻LATとの時刻差 Δt 、すなわちそのコネクションの今回の到着間隔を算出すると共に、前セル到着時刻LATを次の到着のために現在時刻CTに更新し、その後、リーキーバケットの更新前のカウンタ値Sと、 Δt 時間分のカウンタ減算量 $\Delta t \cdot L$ の比較を行なう(ステップ302~305)。

【0058】 $S \leq \Delta t \cdot L$ の場合は、前回の到着時にリーキーバケットに残存していた流体(セル)が今回のセル到着前に既になくなっていくことに相当し、そこで、今回の到着セルを直ちに送出可能とすべく所要遅延時間Dを0にセットすると共に、蓄積量カウンタ値Sも0にセットする(ステップ306、307)。

【0059】一方、 $S > \Delta t \cdot L$ の場合は、前回の到着時にリーキーバケットに残存していた流体(セル)SがリークレートLずつ到着間隔 Δt の間漏れても今回のセル到着時にリーキーバケットに流体(セル)が残存していることに相当し、そこで、今回のセル到着時点でのリーキーバケットの残存量に、すなわち、 $S - \Delta t \cdot L$ に蓄積量カウンタ値Sを更新する(ステップ308)。

【0060】その後、更新されたカウンタ値Sと、バケット容量Cとカウンタ増加幅Fとの差分 $C - F$ とを比較する(ステップ309)。この比較は、今回のセル到着時点でのリーキーバケットの残存量(S)に、今回のセル到着による流体量(F)を加えた場合に、その量($S + F$)がバケット容量Cを越えて、リーキーバケットの上縁からオーバーフローするかどうかの判定を行なっていることに相当する。

【0061】 $S > C - F$ の場合($S + F > C$ の場合)は、今回のセル到着を有効としたときにリーキーバケットの上縁からオーバーフローするので、到着セルを廃棄させるために、無効な送出予定時刻 τ をセルスケジューラ部102に出力して今回の到着セルに対する処理を終了する(ステップ310)。

【0062】これに対して、 $S \leq C - F$ の場合($S + F \leq C$ の場合)には、所要遅延時間Dを商 S/L の整数値 $\text{int}[S/L]$ として算出する(ステップ311)。このステップ処理は、今回の到着セルが送出されるの

は、今回のセル到着時点で残存していた全てのセル対応の蓄積量(S)が漏れ出た後であり、リークレートがLであるので、残存していた全てのセル(S)が送出されるのに要する時間、すなわち今回の到着セルが送出されるまでの時間は S/L であり、この例の場合、時刻は1を単位として変化するので、その整数部分が今回の到着セルが送出されるまでの遅延時間になるという考え方に従っている。

【0063】今回のセル到着時点でのリーキーバケットの残存量(S)がない場合であろうと、到着セルの廃棄がなされない程度に存在する場合であろうと、その残存量に対応した蓄積量カウンタ値S及び所要遅延時間Dが求められた場合には、今回の到着セルの送出予定時刻 τ を算出し、セルスケジューラ部102に出力する(ステップ812、図3のステップ313と同様)。現在時刻CTと所要遅延時間Dとから、単純には、これらの和 $CT + D$ として送出予定時刻 τ が求められるが、時計103として周期がTmaxのものを適用しているので、和 $CT + D$ が時計周期Tmaxより大きくなることを考慮し、上述した和 $CT + D$ を時計周期Tmaxで除算した際のモジュロ値として送出予定時刻 τ を求めている。

【0064】最後に、セルスケジューラ部102から受信した、ステップ812で求めた送出予定時刻 τ の列に蓄積されている待ち合わせ中のセル数N(τ)(今回の到着セル分を計数していない値)をも考慮して、リーキーバケットの蓄積量カウンタ値Sを更新して、今回の到着セルに対する一連の処理を終了する(ステップ813)。

【0065】処理終了時点の蓄積量カウンタ値Sは、他のコネクションを考慮しなければ、今回のセル到着時の蓄積量カウンタ値S(ステップ307又は308による算出値)に、今回のセル到着による増加分Fを加算して求めれば良い(従来に係るステップ312参照)。しかし、他のコネクションを考慮しない従来は、上述したような課題を生じている。そのため、この第1の実施形態は、他のコネクションの状況をも反映させるべく、送出予定時刻 τ の列に蓄積されている待ち合わせ中のセル数N(τ)も処理終了時点の蓄積量カウンタ値Sの算出に利用し、処理終了時点の蓄積量カウンタ値Sを、今回のセル到着時の蓄積量カウンタ値Sに、 $F + L \cdot N(\tau)$ を加えた値とすることとした。

【0066】この算出式 $S := S + F + L \cdot N(\tau)$ における右辺の $S + F$ は、従来同様に、到着セルのコネクションだけを考慮し、今回のセル到着時の蓄積量カウンタ値S(ステップ307又は308による算出値)に、今回のセル到着による増加分Fを加算した成分である。右辺の $L \cdot N(\tau)$ は、以下の考え方に従って、加算することとしたものである。

【0067】ステップ812で求めた送出予定時刻 τ を予定時刻とする既に到着している他のコネクションのセ

ルが存在する場合には、今回の到着セルは、同一の送出予定時刻 τ の他の全て（個数は $N(\tau)$ ）のセルが出力された後でなければ送出されず、送出は予定時刻 τ より遅れる。實際上、このように遅れた時刻で送出される今回の到着セルから、ユーザ申告値で定まる最小のセル間隔を守って次の到着セルの送出予定時刻を決定する場合、今回の到着セルが送出予定時刻から遅れる分を考慮しなければならず、次の到着セルに対して決定される送出予定時刻に、今回の到着セルが送出予定時刻から遅れる時間を反映させるために、今回のセル到着時の蓄積量カウンタ値 S （ステップ307又は308による算出値）と、今回のセル到着による増加分 F との和 $S+F$ にさらに $L \cdot N(\tau)$ を加算することとした。

【0068】これにより次のステップ311の処理では、 $L \cdot N(\tau)$ の成分は $N(\tau)$ となり、次のセル到着時の送出予定時刻が、同一コネクションだけを考慮した場合より $N(\tau)$ だけ遅くなり、今回の到着セルに対する実際の送出時刻が予定送出時刻 τ より遅れても、その分、次の到着セルの送出予定時刻も遅れて、相前後するセルの出力間隔が他のコネクションの影響を受けずに、CDVを吸収でき、ユーザ申告値を満足するようになる。

【0069】（A-2-2）セルスケジューラ部102の動作

次に、第1の実施形態のセルスケジューラ部102の動作を、到着セル処理とセル送出処理との順に、図7の構成ブロック図を参照しながら説明する。

【0070】〔セルスケジューラ部102の到着セル処理〕帯域規制対象のセルが到着すると、その到着セルはまず、レジスタ704のFLHポインタで示されるセルメモリ702内の先頭位置の未使用エレメントのセル格納フィールドCBFに一旦格納される。この際、選択回路706は、レジスタ704のFLHポインタの格納部から読み出されたFLHポインタ（713）を選択出力し、セルメモリ702のアドレス入力としている。

【0071】ここで、送出予定時刻算出部101から受信する当該セルの送出予定時刻 τ が、無効情報でない限り以降の処理が行なわれる。なお、無効情報である場合は当該セルは廃棄扱いとなり、以降の処理は何も行なわれない。また、フリーリスト内に未使用エレメントがない場合にも、到着セルは同様に廃棄扱いとなる。

【0072】送出予定時刻 τ が有効である場合、これまで、レジスタ704のFLHポインタで示されていた未使用エレメントが到着セルへと割り当てられて使用エレメントに変化するので、FLHポインタの更新が必要となる。すなわち、これまでFLHポインタで示されていた当該到着セルを格納したエレメントのAPtrポインタで示される連結先の未使用エレメントが、次の先頭未使用エレメントとなるので、制御回路708は、前記APtrポインタ値を、信号線722を介して、レジスタ

704のFLHポインタの格納エリアに与えて新FLHポインタとして格納させる。

【0073】このとき、残りの未使用エレメントが1つになる場合には、最終エレメントを規定するFLTポインタもまた先頭エレメントを規定するFLHポインタと同じ未使用エレメントを指し示すことになるため、信号線722はFLTポインタ704へも接続されている。さらに、当該到着セルが最後の未使用エレメントに格納された場合には、残りの未使用エレメントはなくなり、FLH及びFLTポインタは、制御回路708により無効とされる。

【0074】次に、到着セルを格納した当該エレメントは、送出予定時刻算出部101からの送出予定時刻 τ に基づいた以下のようなポインタ処理によりフリーリストからカレンダーキュー内のその時刻 τ に対応する待ち合わせセル列に移動される。

【0075】この到着セルに対する処理においては、選択回路707は送出予定時刻 τ を選択するように制御されており、この選択回路707で選択された送出予定時刻 τ をアドレスとするメモリ703内のCQTポインタを読み出して、選択回路706を介してセルメモリ702にアドレスとして与えて、到着セルが格納されたセルメモリ702のエレメントのAPtrポインタに旧FLHポインタを書き込むと共に（信号線723）、メモリ703のその送出予定時刻 τ のCQTポインタにも旧FLHポインタを書き込む（信号線727）。なお、送出予定時刻 τ に相当する連結エレメント列（セル）が何も存在していなかった場合には、旧FLHポインタがそのままCQH及びCQTポインタとしてメモリ703に書き込まれる（信号線727）。

【0076】また、このような到着セルに係るエレメントのカレンダーキュー内への移動処理のときに、当該送出予定時刻 τ の待ち合わせセル数 $N(\tau)$ がメモリ703から読み出されて送出予定時刻算出部101へと受け渡される（信号線733）と共に、インクリメント処理が加算回路732によって行なわれ、メモリ703内へ再格納される（信号線734）。

【0077】以上のようにして、セルが到着すると、そのときのFLHポインタが示すフリーリストの先頭エレメントにその到着セルが格納され、その先頭エレメントの連結ポインタが示すエレメントがフリーリストの先頭エレメントに変更されると共に、有効な到着予定時刻 τ が与えられると、カレンダーキュー内のその時刻 τ のエレメント列の最後尾に今回の到着セルに係る未使用エレメントから使用エレメントに変化したエレメントが連結され、また、その送出予定時刻 τ にかかる今回の到着セルを含めないセル数 $N(\tau)$ を送出予定時刻算出部101に出力された後、そのセル数 $N(\tau)$ が1インクリメントされる。

【0078】〔セルスケジューラ部102のセル送出処

理] 次に、セルスケジューラ部102におけるセル送出処理、すなわち、送出予定時刻というスケジュールに従って、バッファリングしているセルを送出する処理を説明する。

【0079】時計103からの現在時刻情報CTを信号線712より受信したセルスケジューラ部701は、まず、この現在時刻CTに相当するカレンダーキュー内の連結エレメント（セル）群をアウトプットリストに移動させる以下のような処理を行なう。

【0080】最初に、選択回路707で選択されるアドレス情報719が、時計103からの現在時刻CTに設定される。

【0081】この現在時刻CTをアドレスとして、その時刻CTの連結エレメント列の先頭及び最終エレメントを規定するCQHポイント及びCQTポイントをそれぞれメモリ703から読み出し、アウトプットリストが空の場合には、それぞれをレジスタ705にOLHポイント及びOLTポイントとして格納する（信号線728及び729）。この際、アウトプットリストに移動するエレメント（セル）が1つだけの場合には、読み出されたCQHポイント値をOLHポイント及びOLTポイントとして格納される。

【0082】また、アウトプットリスト内に既にエレメント（セル）がある場合には、メモリ703から読み出したCQHポイントとCQTポイントの示すエレメント群をその最後尾に連結させる。すなわち、レジスタ705のアウトプットリスト内の最終エレメントを規定するOLTポイントに、メモリ703から読み出されたCQTポイント値を格納し（信号線729）、旧OLTポイントをアドレスとするセルメモリ702内のエレメントのAPtrポイント（連結先ポイント）の格納エリアに、メモリ703から読み出されたCQHポイントを格納する。ここで、移動するエレメントが1つだけの場合には、更新されるAPtrポイント及びOLTポイントは共に、メモリ703から読み出されたCQHポイント値になる。

【0083】次に、制御回路708は、アウトプットリストに移動された現在時刻CTを送出予定時刻としているエレメント（セル）列に相当するセル計数値N(τ)を0クリアする。

【0084】以上のようにして、現在時刻CTを送出予定時刻としているカレンダーキュー内のエレメント（セル）列がアウトプットリストの後半に連結される。

【0085】アウトプットリストに移動されたセル群は、以下のようにして、1セル時間に1セルずつ順次出力線710から送出されていく。

【0086】制御回路708は、現在時刻CTが更新されて上述したアウトプットリストへの移動処理が終了すると、レジスタ705のOLHポイントを選択回路706を介してセルメモリ702にアドレスとして与え、そ

のアドレスを有するエレメント、すなわち、アウトプットリスト内の先頭エレメントのセル格納フィールドCBFにあるセル情報を、出力線710から送出させる。

【0087】これにより、このエレメントのAPtrポイントの指し示すエレメントが、次の時刻でのアウトプットリスト内の先頭エレメントになるので、このAPtrポイント値をセルメモリ702から読み出してレジスタ705のOLHポイントのエリアに格納させる（信号線724）。なお、今回のセル送出により、アウトプットリスト内の残存セル（エレメント）が1セルとなった場合には、セルメモリ702から読み出したAPtrポイント値を、レジスタ705のOLHポイントのエリアだけでなく、OLTポイントのエリアにも格納させる。また、セル送出によりアウトプットリスト内の残存セルがなくなった場合には、レジスタ705のOLHポイント及びOLTポイントのエリアを無効とする。

【0088】セルが送出されたアウトプットリスト内の旧先頭エレメントは、未使用状態となるので、以下のようにして再びフリーリストに移動される。

【0089】レジスタ704からFLTポイントを読み出して、選択回路706を介してセルメモリ702にアドレスとして与え、そのアドレスのエレメント、すなわち、フリーリスト内の最後尾エレメントのAPtrポイントに、レジスタ705に格納されている旧OLHポイント値を格納させると共に、この旧OLHポイント値をレジスタ704のFLTポイントに書き込む。なお、フリーリスト内に未使用エレメントが1つもなかった場合には、レジスタ704のFLHポイントにも合わせて旧OLHポイント値が格納される。

【0090】以上のようにして、現在時刻が変更される毎に、アウトプットリスト内の先頭エレメントに格納されているセルが出力されると共に、そのエレメントがフリーリストの最後尾に移動される。

【0091】次に、上述した構成を有して上述した動作を行なう第1の実施形態のシェイパー装置の具体的な動作例を図9を用いて説明する。

【0092】なお、図9は、従来の課題の説明で用いた図6と同様なセルの到着状況及びユーザ申告条件での動作例を示すタイムチャートである。すなわち、ユーザ申告値がC=15、F=7、L=2であるコネクションA、ユーザ申告値がC=15、F=5、L=1であるコネクションB、ユーザ申告値がC=15、F=4、L=1であるコネクションCのセルが、タイムチャート901のように当該シェイパー装置の到着以前においてCDVを受けて最小セル間隔の規定が必ずしも満足されていない状態で到着した際の、送出予定時刻算出部101内のリーキーバケット蓄積量カウンタ値Sの遷移902、カレンダーキュー内のセル待ち合わせ状況903、当該シェイパー装置からのセル送出過程904、及び、送出セル間隔905を示している。

【0093】この第1の実施形態においても、タイムチャート902に示すリーキーパケット蓄積量カウンタ値Sが算出され、このカウンタ値Sに従って、各到着セルは送出予定時刻 τ が算出され、タイムチャート903のようにカレンダーキュー内に送出予定時刻毎に蓄積されていく。この第1の実施形態でも、異なるコネクシオンに属するセルについては、同一の送出予定時刻が算出されることがある。セルA4とC4、B4とA5、B5とC6、及び、B6とC6はそれぞれ、前セル到着時刻より算出した送出予定時刻が一致しているために、カレンダーキュー内で同時刻列に連結キューイングされたものである。

【0094】しかし、この第1の実施形態においては、到着セル分を含めた蓄積量カウンタ値Sは、その送出予定時刻でのセル数N(τ)も反映されているので、蓄積量カウンタ値Sは従来より高い値をとることも生じ、送出予定時刻 τ が従来より遅くなるセルが多くなる。タイムチャート603及び903の比較から明らかなように、セルC5、A6、C6、A7、C7及びA8の送出予定時刻は従来より遅く決定されている。すなわち、同一の送出予定時刻に後で決定されたセルC4、A5、C6及びC7は、送出予定時刻より遅れて実際には出力され、他のコネクシオンのセルの存在によってこのようにセル送出が遅れた分については待ち合わせセル数N(τ)を用いて蓄積量カウンタ値Sを補正処理して次の送出予定時刻の決定に反映させているため、その後の同一コネクシオンの到着セルに送出予定時刻は前回に決定された同一コネクシオンについての送出予定時刻よりはむしろ実際の送出時刻を基準として決定しているといえることができ、図6と比べても明らかなようにCDVを押さえることができる。

【0095】具体的には、セルA5とA6との間のセル間隔は従来では2セル時間であったものがこの第1の実施形態では3セル時間になり、また、セルC5とC6との間のセル間隔は従来では2セル時間であったものがこの第1の実施形態では4セル時間になっている。すなわち、最小セル間隔の規定を、従来とは異なって、満足させるようにできている。

【0096】(A-3)第1の実施形態の効果
上述した第1の実施形態のシェイパー装置によれば、以下のような効果を得ることができる。

【0097】(1)異なるコネクシオン間で同一時刻にセル送出予定が重なって予定時刻より出力が遅れるセルが発生した場合においても、その出力が待ち合わせされるコネクシオンについては、待ち合わせ分だけセル送出予定時刻算出処理の変数を補正するようにしたので、そのコネクシオンの後続するセルとの間でCDV発生を防ぐことができ、所要の最小セル送出間隔を満足させることができる。

【0098】この最小セル間隔の保証は、ATMネット

ワークの帯域管理においては最も重要なファクターであり、上記効果の意義は大きい。

【0099】(2)上記セル送出予定時刻算出処理の変数の補正処理を、送出予定時刻単位の待ち合わせセル数の計数という簡易な機能追加で対処しているため、回路規模の増大を招くことがない。

【0100】因に、従来装置であっても、實際上、送出予定時刻毎の待ち合わせセルの計数機能を具備することが一般的であり、この第1の実施形態はその機能とパラメータを拡張利用し、送出予定時刻算出部へとフィードバックしているだけであるため、送出予定時刻算出部での積和演算機能部を1つ付加のみであり、回路規模の増加はほとんどない。

【0101】このように従来装置に比較すると、送出予定時刻算出部での積和演算機能の追加が必要となるが、この演算部は既に送出予定時刻算出部に含まれており、同じ演算部を切り替えて利用することで、回路規模の増加をさらに抑えることができる。

【0102】(3)この第1の実施形態が使用しているスペーシングポリサー (Spacing Policer) 方式の最大の特徴は、膨大な数のコネクシオンを同時に帯域規制可能な点にあるが、各種処理をセル到着時とセル送出時のみ実行しているため、この第1の実施形態の実現上でも、その特徴は何ら損なわれず、装置が許容するコネクシオン数が制限されることはない。

【0103】(B)第2の実施形態

次に、本発明によるセル出力帯域規制装置の第2の実施形態を図面を参照しながら詳述する。

【0104】(B-1)第2の実施形態の構成

図10は、第2の実施形態のセル出力帯域規制装置の構成を示すブロック図であり、第1の実施形態に係る図1との同一、対応部分には同一符号を付して示している。

【0105】このセル出力帯域規制装置も、大きくは、送出予定時刻算出部101、セルスケジューラ部102、及び、時計103によって構成されている。時計103は、第1の実施形態のものと同様である。

【0106】この第2の実施形態の送出予定時刻算出部101は、セルスケジューラ部102から送出されたセルのコネクシオン番号mをも利用して、到着セル毎に送出予定時刻 τ を算出してセルスケジューラ部102へ提供するものであり、コネクシオン番号mをも利用する点が第1の実施形態とは異なっている。

【0107】この第2の実施形態のセルスケジューラ部102は、各送出予定時刻毎の待ち合わせセル数N(τ)の格納部を備えていない点(備えていても良いが第2の実施形態の特徴とは無関係である)、及び、送出予定時刻算出部101に当該セルスケジューラ部102から送出されたセルのコネクシオン番号mをフィードバックする点が、第1の実施形態とは異なっている。

【0108】図11は、概念的には図10に示す構成を

有する第2の実施形態のセルスケジューラ部102(701)について、より具体的なレベルで内部構成を示したブロック図であり、上述した図7との同一、対応部分には同一符号を付して示している。

【0109】このようなレベルでセルスケジューラ部701の構成を見た場合、以下の点が、第1の実施形態の構成と異なっており、これ以外の構成は第1の実施形態と同様である。

【0110】(1) 送出予定時刻 τ のセル数 $N(\tau)$ を1インクリメントするための加算回路(図7の符号732参照)が設けられていない点、(2) 送出時刻毎のパラメータメモリ(MEM)703にセル数 $N(\tau)$ のエリアが設けられておらず、セル数 $N(\tau)$ の送出予定時刻算出部101へのフィードバック線がない点、(3) 制御回路708が出力セルの接続番号 m を取り込んで送出予定時刻算出部101へフィードバックするようになされている点が、第1の実施形態の構成と異なっている。

【0111】(B-2) 第2の実施形態の動作

以下、この第2の実施形態のシェイパ装置の動作を、送出予定時刻算出部101及びセルスケジューラ部102の動作の順に詳細に説明する。ここで、時計103は、帯域規制対象のセル到着の有無にかかわらず、常に1セル時間に1ずつ時刻をインクリメントし、送出予定時刻算出部101及びセルスケジューラ部102に現在時刻情報 CT を供給しているとする。また、送出予定時刻算出部101内には、監視対象の全接続についてのパラメータや変数が一括して格納され、監視対象セルの到着毎に、また、セルを外部に出力する毎に、該当する接続のパラメータ及び変数を内部の記憶部から取出して送出予定時刻の算出処理等を行ない、かつ処理終了後には更新された変数を再び格納場所へ格納するものとする。

【0112】(B-2-1) 送出予定時刻算出部101の動作

この第2の実施形態の送出予定時刻算出部101の処理も、一般にリーキーバケットと呼ばれる手法を踏襲したものであり、同一接続内の連続するセルの最小送出間隔を満足するように送出予定時刻 τ を決定することで、ピークセルレートを規制するものである。しかし、この第2の実施形態の場合、送出予定時刻算出部101の動作は、当該シェイパ装置にセルが到着した際に実行される動作と、当該シェイパ装置からセルを送出した際に実行される動作とに分けられる。

【0113】なお、この第2の実施形態の送出予定時刻算出部101は、従来と同様なリーキーバケット容量 C 、リーキーバケット内蓄積量カウンタ値 S 、リークレート L 、カウンタ増加倍 F 、セル所要遅延時間 D 、前セル到着時刻 LAT 及び時計周期 T_{max} だけでなく、到着セルの接続(接続番号を k とする)

のセルスケジューラ部102内の蓄積セル数(未送出の到着セル数) $N(k)$ 、及び、その接続の最新(直前)のセル送出時刻 $RDT(k)$ をも利用して、監視対象接続をピークセルレート L/F に制限する。

【0114】まず、図12のフローチャートを参照しながら、送出予定時刻算出部101のセル到着時の動作を説明する。なお、図12において、従来装置に係る図3及び第1の実施形態に係る図8との同一、対応ステップには同一符号を付して示している。また、図12においては、従来と同様な変数、パラメータについては、到着セルの接続番号 k を規定する(k)を省略しているが、正しくは、 $S(k)$ 、 $L(k)$ 、 $F(k)$ 、 $D(k)$ 及び $LAT(k)$ と記載すべきものである。

【0115】当該シェイパ装置が起動されて処理を開始し、ステップ313の処理を実行するまでは、従来装置と同様な処理を行なうので、その説明は省略する。なお、これらのステップ処理において、利用する蓄積量カウンタ値 S は後述するステップ1218で算出されたものとなっていることもあり、この点では、従来装置と同様でないということもできる。

【0116】到着セルが有効であって、ステップ312において、到着時の蓄積量カウンタ値 S を今回の到着セルに相当する量(F)だけ増加すると共に、ステップ313において、現在時刻 CT と、到着時の蓄積量カウンタ値 S に基づいて得た今回の到着セルを出力するまでの遅延時間 D とから送出予定時刻 τ を算出すると、更新した蓄積量カウンタ値 S 及び算出した送出予定時刻 τ が、妥当なものか否かを以下のようにして見直す。すなわち、セルスケジューラ部102におけるその接続 k の待機しているセル数 $N(k)$ や、この接続 k の前の実際の送出時刻 $RDT(k)$ からみて妥当なものであるか否かを見直す。

【0117】この一連の見直し処理では、まず、到着セルの接続 k の未送出セル数 $N(k)$ を今回の到着セルを含むように1インクリメントし(ステップ1214)、その後、ピークセルレート F/L を満たす当該到着セルの直近の送出予定時刻 τ_0 を算出する(ステップ1215)。ピークセルレート F/L を満たす直近の送出予定時刻 τ_0 は、単純には、前の実際の送出時刻 $RDT(k)$ に、ピークセルレート F/L で未送出の $N(k)$ 個のセルを送出するのに要する時間 $int[N(k) \cdot F/L]$ を加算することで求まるが(整数化 int は時刻の更新が1ずつなされるために行なわれている)、時計103が T_{max} を一巡周期としているため、その加算値を、この時計周期 T_{max} で割ったモジュロ値として算出する。

【0118】このようにして、ピークセルレート F/L を満たす当該到着セルの直近の送出予定時刻 τ_0 を得ると、到着時の蓄積量カウンタ値 S を基準として求めた今

回の到着セルの送出予定時刻 τ を、ピークセルレートを考慮した直近の送出予定時刻 τ_0 と比較する（ステップ 1 2 1 6）。

【0 1 1 9】 $\tau \geq \tau_0$ の場合には、送出予定時刻 τ がピークセルレート F/L を満たすとみなして良いので、ステップ 3 1 2 で得られた到着セル分を含めた蓄積量カウンタ値 S 、及び、ステップ 3 1 3 で求めた送出予定時刻 τ を変更することなく、セル到着時の一連の処理を終了する。

【0 1 2 0】一方、 $\tau < \tau_0$ の場合には、送出予定時刻 τ がピークセルレート F/L を満たさないので、ステップ 3 1 2 及び 3 1 3 で得られた蓄積量カウンタ値 S 及び送出予定時刻 τ を、以下の値に変更させてセル到着時の一連の処理を終了する（ステップ 1 2 1 7、1 2 1 8）。すなわち、今回の到着セルの送出予定時刻 τ を、そのコネクションのピークセルレート F/L を満たすと考えられる最も早い時刻 τ_0 まで遅延させてセットし直す（ステップ 1 2 1 8）。このように到着時の蓄積量カウンタ値 S から求めた送出予定時刻 τ を時間 $\tau_0 - \tau$ だけ遅らせるように更新するので、このコネクションの

次の到着セルの送出予定時刻の算出にも、かかる遅延時間を反映させるように、ステップ 3 1 2 で求めた蓄積量カウンタ値 S も、その遅延時間の相当分 $L \cdot (\tau_0 - \tau)$ だけ増加させる（ステップ 1 2 1 7）。

【0 1 2 1】以上のような一旦求めた送出予定時刻に対するピークセルレートを考慮した確認、補正処理によって、当該到着セルだけでなくこの到着セル以降の到着セルについて、より最小セル送出間隔の規定値を満足するシェイパー動作を実現することができるようになる。

【0 1 2 2】次に、図 1 3 のフローチャートを参照しながら、当該シェイパー装置からのセル送出時における送出予定時刻算出部 1 0 1 の動作を説明する。

【0 1 2 3】送出予定時刻算出部 1 0 1 は、セルスケジューラ部 1 0 2 からセル送出がなされたか否かを確認しており（ステップ 1 3 0 2）、セル送出が成されると、当該セルのコネクション番号 m をセルスケジューラ部 1 0 2 から受信する（ステップ 1 3 0 3）。そして、送出予定時刻算出部 1 0 1 は、当該コネクション m についての内部管理している蓄積セル数 $N(m)$ を 1 デクリメントすると共に、当該コネクション m の最新セル送出時刻 $RDT(m)$ を、時計 1 0 3 からの現在時刻 CT にセットして、一連のセル送出時の処理を終了する（ステップ 1 3 0 4、1 3 0 5）する。

【0 1 2 4】このようなセル送出時の処理によって適宜更新される蓄積セル数 $N(m)$ 及び最新セル送出時刻 $RDT(m)$ を、上述したセル到着時に活用することにより、到着時の蓄積量カウンタ値 S に基づいて求めた到着セル分だけ更新された蓄積量カウンタ値 S 及び送出予定時刻 τ に対し、ピークセルレートを反映させた見直すを実行することができるようになる。

【0 1 2 5】（B-2-2）セルスケジューラ部 1 0 2 の動作

次に、第 2 の実施形態のセルスケジューラ部 1 0 2 の動作を、到着セル処理とセル送出処理との順に、図 1 1 の構成ブロック図を参照しながら説明する。

【0 1 2 6】〔セルスケジューラ部 1 0 2 の到着セル処理〕この第 2 の実施形態におけるセル到着時のセルスケジューラ部 1 0 2 の動作は、第 1 の実施形態とほぼ同様である。

【0 1 2 7】すなわち、到着セルを最終の未使用エレメントのセル格納フィールドに格納すると共に、最終の未使用エレメントを規定する FLH ポインタを更新する動作は、第 1 の実施形態と同様である。また、到着セルを格納した当該エレメントを、送出予定時刻算出部 1 0 1 からの送出予定時刻 τ に基づいたポインタ処理により、フリーリストからカレンダーキュー内のその時刻 τ に対応する待ち合わせセル列に移動する動作も、第 1 の実施形態と同様である。従って、これらの動作の詳細は省略する。

【0 1 2 8】しかし、この第 2 の実施形態の場合、到着セルを格納したエレメントをフリーリストからカレンダーキュー内の送出予定時刻 τ に対応する待ち合わせセル列に移動しても、その時刻 τ 対応の蓄積セル数 $N(\tau)$ を更新する動作を実行しない点が、第 1 の実施形態と異なっている。

【0 1 2 9】〔セルスケジューラ部 1 0 2 のセル送出処理〕次に、セルスケジューラ部 1 0 2 におけるセル送出処理、すなわち、送出予定時刻というスケジュールに従って、バッファリングしているセルを送出する処理を説明する。

【0 1 3 0】時計 1 0 3 からの現在時刻情報 CT に基づいて、この現在時刻 CT に相当するカレンダーキュー内の連結エレメント（セル）群をアウトプットリストに移動させる動作は、第 1 の実施形態とほぼ同様であるので、その詳細説明は省略する。なお、この第 2 の実施形態の場合、このような移動時において、アウトプットリストに移動された現在時刻 CT を送出予定時刻としているエレメント（セル）列に相当するセル計数値 $N(\tau)$ を 0 クリアする動作は実行されず、この点は、第 1 の実施形態と異なっている。

【0 1 3 1】この移動処理後に実行される、アウトプットリストに移動されたセル群を、1 セル時間に 1 セルずつ順次出力線 7 1 0 から送出すると共に、その送出によって未使用エレメントに変化したエレメントをフリーリストに移動する動作も、第 1 の実施形態とほぼ同様であるので、その詳細説明は省略する。

【0 1 3 2】なお、この第 2 の実施形態の場合は、アウトプットリストから出力線 7 1 0 に出力されたセルのコネクション番号 m を制御回路 7 0 8 が取り込み、送出予定時刻算出部 1 0 1 に出力するようにしている点は、第

1の実施形態と異なっている。このコネクション番号mが、送出予定時刻算出部101による上述した図13に示す動作に用いられる。

【0133】次に、上述した構成を有して上述した動作を行なう第2の実施形態のシェイパー装置の具体的な動作例を図14を用いて説明する。

【0134】なお、図14は、従来の課題の説明で用いた図6と同様なセルの到着状況及びユーザ申告条件での動作例を示すタイムチャートである。すなわち、ユーザ申告値がC=15、F=7、L=2であるコネクションA、ユーザ申告値がC=15、F=5、L=1であるコネクションB、ユーザ申告値がC=15、F=4、L=1であるコネクションCのセルが、タイムチャート1401のように当該シェイパー装置の到着以前においてCDVを受けて最小セル間隔の規定が必ずしも満足されていない状態に到着した際の、送出予定時刻算出部101内のリーキーバケット蓄積量カウンタ値Sの遷移1402、カレンダーキュー内のセル待ち合わせ状況1403、当該シェイパー装置からのセル送出過程1404、及び、送出セル間隔1405を示している。

【0135】この第2の実施形態においても、タイムチャート1402に示すリーキーバケット蓄積量カウンタ値Sが算出され、このカウンタ値Sに従って、各到着セルは送出予定時刻 τ が算出され、タイムチャート1403のようにカレンダーキュー内に送出予定時刻毎に蓄積されていく。この第1の実施形態でも、異なるコネクションに属するセルについては、同一の送出予定時刻が算出されることがある。セルA4とC4、B4とA5とC5、B5とC6、及び、C7とA8はそれぞれ、前セル到着時刻より算出した送出予定時刻が一致しているために、カレンダーキュー内で同時刻列に連結キューイングされたものである。

【0136】しかし、この第2の実施形態においては、到着セル分を含めた蓄積量カウンタ値Sは、そのコネクションでのセル数N(k)や最新送出時刻RDT(k)も反映されているので、蓄積量カウンタ値Sは従来より高い値をとることも生じ、送出予定時刻 τ が従来より遅くなるセルが多くなる。また、コネクションでのセル数N(k)や最新送出時刻RDT(k)を考慮して送出予定時刻 τ を見直しているため、送出予定時刻 τ が従来より遅くなるセルが多くなる。タイムチャート603及び1403の比較から明らかなように、セルC6、A7、C7及びA8の送出予定時刻は従来より遅く決定されている。

【0137】すなわち、異なるコネクションに属するセルA4とC4、B4とA5とC5、B5とC6、及び、C7とA8は、それぞれ前セル到着時刻より算出した送出予定時刻が一致しているために、カレンダーキュー内で同時刻列に連結キューイングされ、前記セルC4、A5、C5、C6及びA8は、送出予定時刻より遅れて実

際には出力され、このセル送出の遅れた分については、上述したように、コネクション単位のカレンダーキュー内待ち合わせセル数mを用いて補正処理をしているために、その後の同一コネクションの到着セルに送出予定時刻は前回に決定された同一コネクションについての送出予定時刻よりはむしろ実際の送出時刻を基準として決定しているということができ、図6と比べても明らかなようにCDVを押さえることができる。

【0138】具体的には、セルA5とA6との間のセル間隔は従来装置と同じ2セルのままであるが、その後続くセルA6とA7との間が4セルから5セルへと広がり、最小セル間隔を満足していないセルA5、A6間の影響を、後続セルを遅らせることで緩和している。またセルC5とC6との間は2セルから4セルへと、従来装置と比べて広がっており、最小セル間隔の規定を満足している。

【0139】(B-3)第2の実施形態の効果
上述した第2の実施形態のシェイパー装置によれば、以下のような効果を得ることができる。

【0140】(1)異なるコネクション間で同一時刻にセル送出予定が重なって、待ち合わせを受けるセルが発生した場合においても、待ち合わせを受けるコネクションについて、待ち合わせ分だけセル送出予定時刻算出処理の変数を補正することにより、後続するセルとの間でのCDV発生を抑制し、所要最小セル送出間隔を満足できないことの影響を緩和することができる。

【0141】上述したように、この最小セル間隔の保証は、ATMネットワークの帯域管理においては最も重要なファクターであり、上記効果の意義は大きい。

【0142】(2)上記セル送出予定時刻算出処理の変数の補正処理を、コネクション単位での待ち合わせセル数の計数という簡易な機能追加で対処しているので、回路規模の増大を招くことがない。

【0143】また、送出予定時刻算出部では第2実施形態の実現のために、積和演算や除算演算、モジュロ演算等機能の追加が必要となるが、これらの演算部は既に送出予定時刻算出部に含まれており、同じ演算部を切り替えて利用することで、回路規模の増加はさらに抑えられる。

【0144】(3)この第2の実施形態が使用しているスペーシングポリサー (Spacing Policer) 方式の最大の特徴は、膨大な数のコネクションを同時に帯域規制可能な点にあるが、各種処理をセル到着時とセル送出時のみ実行しているので、この第2の実施形態の実現上でも、その特徴は何ら損なわれず、装置が許容するコネクション数が制限されることはない。

【0145】(C)他の実施形態

以上、本発明を、2つの実施形態につき詳細に説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。

【0146】(1) 両実施形態におけるセル送出予定時刻算出部101は、上述したフローチャートに示す処理を実行できるものであれば、ハードウェア的に構成されていても良く、また、DSP等を利用してソフトウェア的に構成されているものであっても良い。

【0147】(2) 第1実施形態において、送出予定時刻毎の蓄積セル数 $N(\tau)$ の計数処理及び保持を、セルスケジューラ部側で行なう例を示したが、送出予定時刻算出部側で保持、管理しても良い。

【0148】(3) 第2実施形態におけるコネクション毎の蓄積セル数 $N(k)$ や最新送出時刻 $RDT(k)$ の更新処理や保持を、セルスケジューラ部側で実行し、送出予定時刻算出部へとその都度受け渡しても良い。

【0149】(4) 到着セルをバッファリングするセルメモリは、物理的に1つのメモリでなくても良く、フリーリスト、カレンダーキュー、アウトプットリストのそれぞれを個別のメモリで実現しても良い。

【0150】(5) 両実施形態では、到着セル毎の送出予定時刻算出にリーキーバケット型の手法を用いているが、本発明はリーキーバケット型に限らず、その他の手法、例えばある一定の時間幅内を通過するセル数によって規定するウィンドウ型と呼ばれる手法等を適用しても、その実現性には全く問題は生じない。要は、送出予定時刻を決定するための変数やパラメータを、実際のセル送出時刻の情報を反映させる形で補正できる形式の手法であれば良い。

【0151】

【発明の効果】以上のように、第1の本発明によれば、送出予定時刻単位のセルのキューイング過程において、キューイングされているセル数の計数を送出予定時刻毎に行ない、送出予定時刻算出手段へ計数した送出予定時刻単位のセル数を与える送出予定時刻セル数計数手段と、送出予定時刻毎のセル数に基づいて、到着セルの送出予定時刻の算出に用いる変数を補正する変数補正手段とを具備したので、異なるコネクションのセルの送出予定時刻が同一になった前後においても、セル送出間隔の規定を満たすことができ、かつCDVを押さえることができる。

【0152】また、第2の本発明によれば、規制対象の全コネクションについて、キューイング中のセルをコネクション単位に計数すると共に、そのコネクションの最新のセル送出時刻を記録、保持するコネクション情報管理手段と、セル送出時に、送出セルが属するコネクショ

ン番号を検出し、そのコネクションについてのキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻の更新処理を行なうコネクション情報更新手段と、コネクション毎のキューイング中のセル計数値と最新セル送出時刻情報に基づいて、到着セルの送出予定時刻とその算出に用いる変数の補正の必要性を判定して、補正が必要なときに補正する補正手段とを具備したので、異なるコネクションのセルの送出予定時刻が同一になった前後においても、セル送出間隔の規定を満たすことができ、かつCDVを押さえることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の概略構成を示すブロック図である。

【図2】シェイパー装置の一般的構成を示すブロック図である。

【図3】従来の送出予定時刻算出部の処理フローチャートである。

【図4】従来のセルスケジューラ部の概念的構成を示す機能ブロック図である。

【図5】エレメントの構成を示す説明図である。

【図6】従来の課題説明用のタイムチャートである。

【図7】第1の実施形態のセルスケジューラ部の構成例を示すブロック図である。

【図8】第1の実施形態の送出予定時刻算出部の処理フローチャートである。

【図9】第1の実施形態の効果説明用のタイムチャートである。

【図10】第2の実施形態の概略構成を示すブロック図である。

【図11】第2の実施形態のセルスケジューラ部の構成例を示すブロック図である。

【図12】第1の実施形態の送出予定時刻算出部のセル到着時の処理フローチャートである。

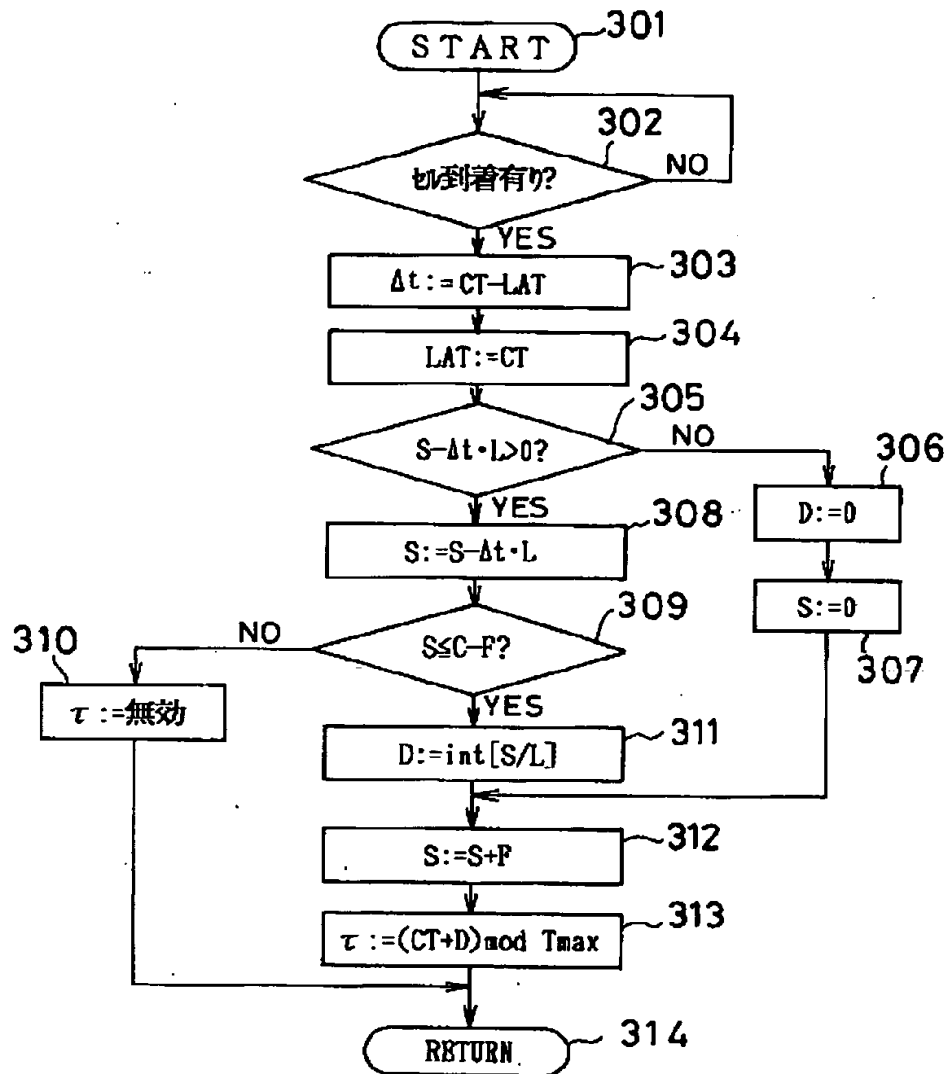
【図13】第1の実施形態の送出予定時刻算出部のセル送出時の処理フローチャートである。

【図14】第2の実施形態の効果説明用のタイムチャートである。

【符号の説明】

101…送出予定時刻算出部、102…セルスケジューラ部、103…時計、 $N(\tau)$ …送出予定時刻単位の送出待ち合わせセル数、 k …到着セルのコネクション番号、 $N(k)$ …コネクション k の送出待ち合わせセル数、 $RDT(k)$ …コネクション k の最新送出時刻。

【図 3】

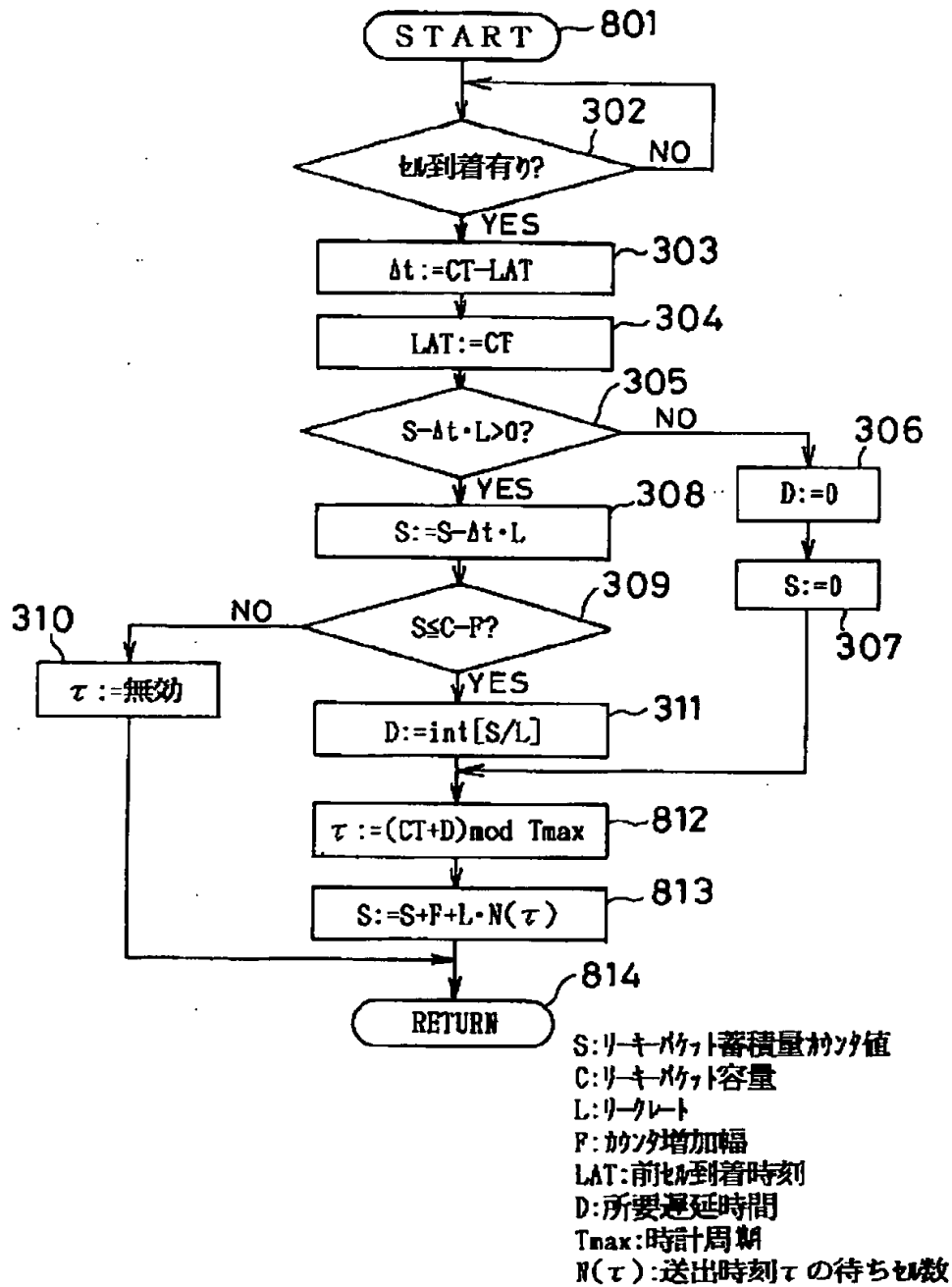


S: リーキバケット蓄積量のカウント値
 C: リーキバケット容量
 L: リークレート
 F: カウント増加幅
 LAT: 前パケット到着時刻
 D: 所要遅延時間
 Tmax: 時計周期

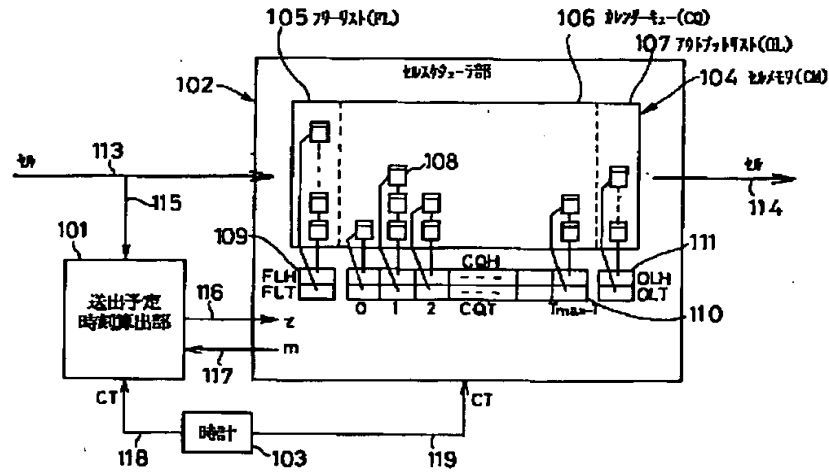
Figure 1 is a timing diagram of the system. It consists of four main horizontal timelines labeled 901, 902, 903, and 904, with a fifth section labeled 905 at the bottom.

- Timeline 901:** Labeled "901" and "外部信号" (External signal). It shows a sequence of blocks: C1, B1, A1, C2, B2, A2, A3, B3, C3, A4, B4, C4, A5, B5, C5, A6, C6, A7, B6, C7, A8. The horizontal axis is labeled "時間" (Time).
- Timeline 902:** Labeled "902" and "S". It shows three signals: 906(A) is a solid sawtooth wave; 907(B) is a dashed sawtooth wave; 908(C) is a dashed line that decreases over time. The vertical axis is labeled "S".
- Timeline 903:** Labeled "903" and "内部信号発生状況" (Internal signal generation status). It shows blocks C1, B1, A1, C2, A2, B2, C3, A3, B3, A4, C4, A5, B4, C5, A6, B5, C6, A7, B6, C7, A8. Blocks C4, A5, C6, and C7 are shown appearing later than their initial positions. The horizontal axis is labeled "時間" (Time).
- Timeline 904:** Labeled "904" and "出力状況" (Output status). It shows blocks C1, B1, A1, C2, A2, B2, C3, A3, B3, A4, C4, B4, A5, C5, A6, B5, C6, A7, B6, C7, A8. The horizontal axis is labeled "時間" (Time).
- Section 905:** Labeled "905" and "送出間隔" (Output interval). It shows three horizontal arrows representing intervals for outputs 905A, 905B, and 905C. The values for 905A are 3, 4, 3, 5, 3, 4, 4. The values for 905B are 5, 5, 5, 5, 5, 5. The values for 905C are 4, 4, 5, 5, 4, 5.

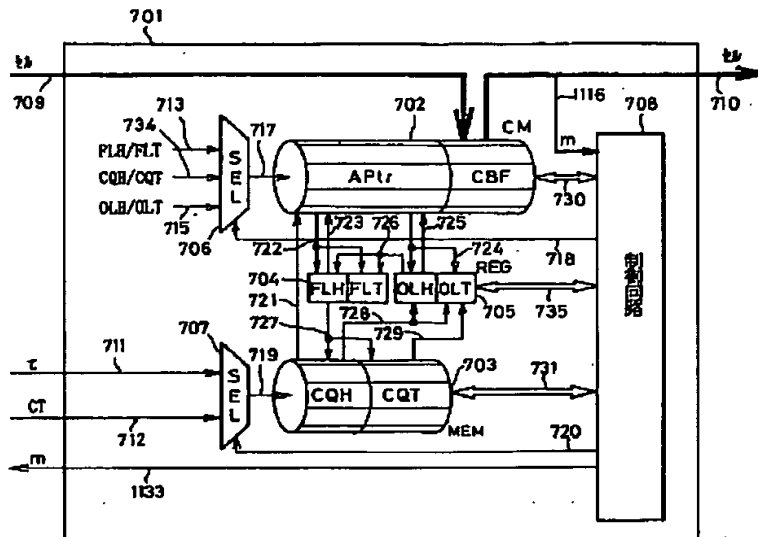
【図 8】



【図 10】

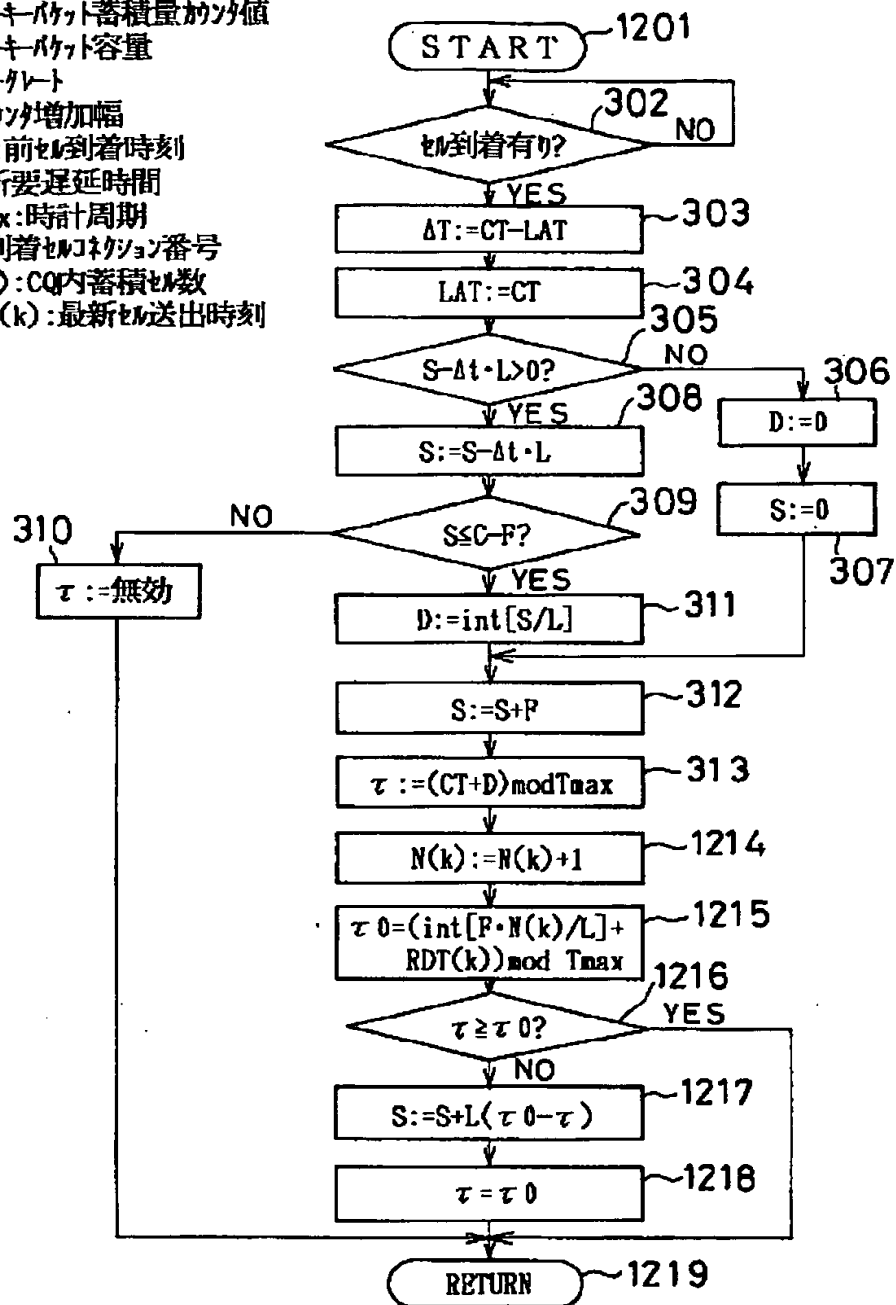


【図 11】



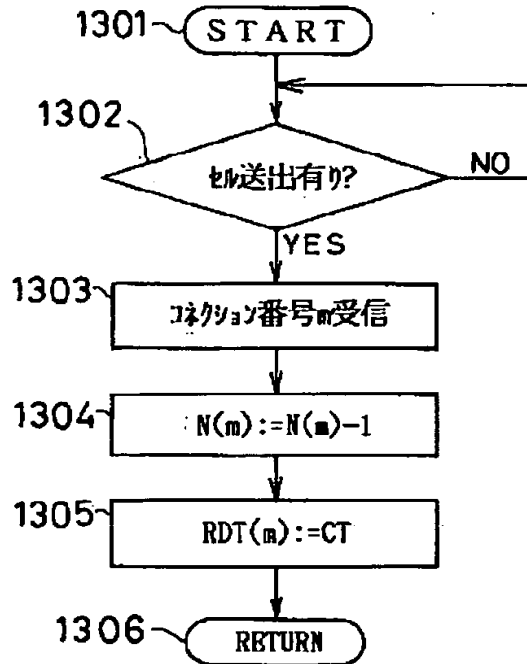
【図 1 2】

S: リーキーバケット蓄積量の値
 C: リーキーバケット容量
 L: リークレート
 F: カンパ増加幅
 LAT: 前パケット到着時刻
 D: 所要遅延時間
 T_{max}: 時計周期
 k: 到着パケット番号
 N(k): CQ内蓄積パケット数
 RDT(k): 最新パケット送出時刻



【図 13】

m: 送出パケット番号
 N(m): CQ内蓄積パケット数
 RDT(m): 最新パケット送出時刻



【図 14】

